

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



## **IP-KOM-ÖV entwickelt wirtschaftliche Lösungen für Verkehrsunternehmen und Industrie: „IBIS-IP“**

Mit der Verbesserung der Fahrgastinformation im Fokus behandelt das vom BMWi geförderte Forschungs- und Standardisierungsprojekt IP-KOM-ÖV zusammen mit dem VDV und 14 Partnern aus Industrie, Verkehrsunternehmen und Universitäten Internet Protokoll basierte Kommunikationsdienste für den öffentlichen Verkehr. Das in fünf Arbeitskomplexe gegliederte Projekt (vgl. *DER Nahverkehr 04/2011*) arbeitet an Themen wie der standardisierten Informationsweitergabe an Smartphones, einer überregional agierenden Auskunftsplattform mit Echtzeitdaten sowie die standardisierten Kommunikation in Fahrzeugen auf Basis der IP-Technologie. Gestartet Ende 2010 befindet sich das Projekt derzeit in seiner Umsetzungsphase und wird mit einem Feldtest Anfang 2014 abschließen.

Die gemeinsam mit Verkehrsunternehmen und der Industrie ausgearbeiteten ersten Ergebnisse rund um die Fahrzeugkommunikation sollen nachfolgend vorgestellt werden. Ziel ist es, die in den 80ern verfasste VDV-Schrift 300 „Integriertes Bord-Informationssystem (IBIS)“ zu erneuern und durch einen neuen, leistungsfähigen, IP-basierten Kommunikationsstandard im Fahrzeug abzulösen. Mit einer Datenübertragungsgeschwindigkeit von 0,0012 MBit/s bedarf das IBIS einer grundlegenden Erneuerung, da sich neuartige Anwendungen kaum mehr realisieren lassen. Proprietäre Lösungen der Hersteller sind die Folge, um den Bedürfnissen ihrer Kunden gerecht zu werden. Dies hat zu komplexen, kostenintensiven und schlussendlich unüberschaubaren technologischen Lösungen innerhalb des Fahrzeuges geführt, die für alle Beteiligten ein hohes Implementierungsrisiko beinhalten.

Um den Verkehrsunternehmen einen wirtschaftlichen Übergang in die IP-Welt zu ermöglichen, ist es wichtig, bestehende IBIS-Komponenten weiter zu nutzen. Daher untersucht das Forschungsprojekt IP-KOM-ÖV auch notwendige Migrationsaspekte

und zeigt relevante Lösungen hierzu auf. In Anlehnung an den erfolgreichen IBIS-Standard soll der neue Standard „IBIS-IP“ heißen.

Konkret gliedert sich das Projekt in folgende Arbeitsschritte:

Anforderungsanalyse:

Der neue Standard muss alle heute üblichen Funktionen des IBIS-Wagenbusses abdecken. Diesbezügliche Anforderungen wurden in einem ersten Schritt zusammengetragen. Darüber hinaus wurden auch Anforderungen berücksichtigt, die zukünftige Entwicklungen einschließen. Ein wesentliches Ziel war es, ein möglichst einfach zu erweiterndes Kommunikationssystem zu spezifizieren.

Systemarchitektur:

Gemäß den Anforderungen ist eine Dienste-orientierte Architektur geschaffen worden, die alle derzeitigen sowie denkbaren neuen Anforderungen abdeckt. Durch die Definition von standardisierten Schnittstellen kann hier eine große Herstellerunabhängigkeit erreicht werden.

Machbarkeitsnachweis:

Um die konzipierten Festlegungen bzgl. Architektur und Schnittstellenprotokollen bereits frühzeitig auf ihre Eignung zu überprüfen, wurde im Rahmen eines Machbarkeitsnachweises ein erster Prototyp entwickelt um die Umsetzbarkeit im Allgemeinen und die Anwendbarkeit gemäß den Anforderungen verifizieren zu können.

Umsetzung der Dienste:

Als wesentlicher Teil für den zukünftigen Standard IBIS-IP werden die wichtigsten Dienste umgesetzt und auf Ihre Praxisauglichkeit überprüft, um damit belastbare Standards zu definieren. Da sich im zeitlichen Kontext von IP-KOM-ÖV nicht alle ermittelten Funktionalitäten vollständig spezifizieren lassen, wird eine Weiterführung und Vervollständigung des entstehenden Standards ist durch den VDV sichergestellt.

Prüfwerkzeuge und Test:

Die zu entwickelnde Kommunikationsarchitektur bedarf als neuer Standard einer ausführlichen Verifikation. Daher werden anhand der Anforderungen Testfälle generiert, die die Szenarien eines realen Betriebes wiedergeben sollen. Die zuvor umgesetzten Dienste werden anhand eine Laboraufbaus mit realen Komponenten auf ihr Zusammenspiel hin überprüft. Um die Entwicklung und

Inbetriebnahme zu unterstützen wird des Weiteren ein Konformitätsprüfwerkzeug entwickelt, das IBIS-IP-Komponenten auf standardkonformes Verhalten überprüfen kann.

Dokumentation und Administration:

Diese Phasen des Projektes sind der Vollständigkeit halber erwähnt und beinhalten hauptsächlich die Dokumentation der Arbeiten für den direkten Normungsentwurf.

Um einen möglichst breiten Konsens für die neuen Standards und damit eine schnelle Durchdringung des Marktes mit einer frühzeitigen Verfügbarkeit von IP-KOM-Produkten zu erreichen, sind in die Entwicklung nicht nur die IP-KOM-ÖV Industriepartner und Verkehrsunternehmen eingebunden, sondern auch interessierte Industrie- und Verkehrsunternehmen über, vom VDV geleitete Arbeitskreise im VDV und dem Arbeitskreis „Öffentlicher Verkehr“ im Gemeinschaftskomitee GK717 Straßenverkehrstelematik des Normenausschusses Kraftfahrzeuge im Deutschen Institut für Normung e.V. (DIN FAKRA) und der Deutschen Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (DKE).

**Bisherige Vorgehensweise der Anforderungsanalyse**

Ausgehend von den bestehenden IBIS-Funktionalitäten und den heutigen Anforderungen an eine moderne Kommunikation der Systemkomponenten untereinander musste eine neue Kommunikationsstruktur gefunden werden, auf der die bisherigen Funktionen und neuartige Erweiterungen umsetzbar sind. Dazu wurden Anwendungsfälle definiert, die das Verhalten des Fahrzeugsystems beschreiben. In der nachfolgenden Tabelle ist als Beispiel der Anwendungsfall „Verkauf eines Ticket am selbstbedienten Verkaufsgerät“ beschrieben.

<b>Anwendungsfall</b>	<b>Verkauf eines Ticket am selbstbedienten Verkaufsgerät</b>
Kurzbeschreibung	Ein Ticket wird verkauft
Auslöser	Fahrgast
Beteiligte(r)	Verkaufsgerät, FZG_System
Input	Bedienhandlungen, Fahrt-Daten vom FZG_System
Output	Ticket, Störungscode, Gerätestatus, Backofficesystem
Beschreibung	Ein Fahrgast kauft ein Ticket am selbstbedienten Verkaufsgerät. Tritt beim Verkauf eine Störung auf so geht das Verkaufssystem in den Anwendungsfall „Interne Störung beim selbstbedienten Ticketverkauf“ über
Fachkomponente	Fahrbetriebsaufzeichnung Diagnose-Management

	Kunde Kunden-Gerät Netz-Ortung Fahrzeug-Schnittstellen Ticket-Entwertung Ticket-Prüfung (E-Ticket) Ticket-Verkauf Zeitbestimmung
--	---

Tabelle 1 „Anwendungsfall Verkauf eines Ticket am selbstbedienten Verkaufsgerät“

Eine umfassendere Auflistung der Anwendungsfälle in einem Fahrzeugsystem ist in der VDV-Mitteilung 3001 enthalten.

Die Analyse der Anwendungsfälle und der alten IBIS-Funktionalitäten führte zu den Anforderungen an die neue Kommunikationsstruktur. Zu diesen Anforderungen zählen unter anderem

- Kostengünstige Implementierung
- Kostengünstige Hardware
- Ausreichende Bandbreite der Datenübertragung
- Hohe Sicherheit der Datenübertragung
- Übertragung sowohl kurzer Datentelegramme als auch großer Datenmengen
- Senden von Datentelegrammen auf Anforderung
- Einfache Umsetzbarkeit der IBIS-Datentelegramme auf die neue Datenkommunikation und zurück
- Nutzung eines offenen weit verbreiteten Standards
- Möglichkeit der einfachen Konfiguration des Systems muss gegeben sein
- Möglichkeit der Datenkommunikation mit Geräten, die sich nicht im Fahrzeugsystem befinden (z. B. Kundengeräte wie Smartphone etc.)

Auf Grundlage der Anforderungen an die neue Datenkommunikation und der Analyse vorhandener Kommunikationsstandards (z. B. CANOpen) entschied man sich in IP-KOM-ÖV für das IP-Protokoll. Das IP-Protokoll ermöglicht es, innerhalb eines Fahrzeuges nicht nur Geräte anzusprechen, sondern auch direkt die einzelnen Funktionen der Geräte. Desweiteren ist es in einem solchen System nicht zwingend notwendig, eine Master-Slave-Struktur, wie im IBIS, aufzubauen.

Als ein weiterer Bestandteil der Anforderungsanalyse flossen erste Überlegungen für eine Migration von IBIS nach IBIS-IP in die zu erfüllenden Anforderungen ein. Weiterhin wurden erste Lösungskonzepte für diese Migration entworfen, die weiter unten ausführlicher dargestellt werden sollen.

## Architektur

Aufbauend auf der zuvor beschriebenen Anforderungsanalyse und den daraus abgeleiteten Anforderungen wurden gleichzeitig Fachkomponenten identifiziert und in ih-

rem Funktionsumfang präzisiert, welche für die weitere Entwicklung der Systemarchitektur die Grundlage bildeten.

## **Zerlegung in Fachkomponenten**

Hierzu wurde versucht, zunächst die in heutigen IBIS-Systemen bekannten Aufgaben der verschiedenen Geräte in fachliche Funktionen zu zerlegen und anschließend um neue, zukünftig zu erwartende Funktionen zu erweitern.

Betrachtet man beispielsweise die Kommunikation zwischen einem Innenraum-Fahrgastanzeiger und einem Bordrechner, so fällt auf, dass der Fahrgastanzeiger Informationen anzeigt, die aus verschiedenen komplexen Kontexten ermittelt werden.

So stammt der aktuelle Zieltext direkt aus den Daten, die zur aktuell bestrittenen Fahrt gehören. Die Information über die aktuelle Haltestelle erfordert eine zusätzliche Ortungs-Intelligenz des Bordrechners. Die Anzeige einer Verspätungslage erfordert die zusätzliche Verarbeitung zeitbezogener Informationen. Sollen dagegen Anschluss-Informationen angezeigt werden, so sind neben der Bestimmung des eigenen Standortes auch Informationen über die Standorte und Fahrzeiten anderer Fahrzeuge bzw. ein Datenaustausch mit einer Leitstelle erforderlich.

Im vorliegenden Beispiel kann man also vier Fachkomponenten eines Bordrechners ausmachen, die jeweils auf anderen aufbauen und Daten für die Fahrgast-Information bereitstellen.

- Fahrt-/Fahrweg-Ermittlung (stellt alle fahrtbezogenen Daten zur Verfügung, je nach Datenversorgung inkl. Fahrtzeiten, Anschlussbeziehungen, GPS-Koordinaten etc.),
- Netzortung (Mithilfe von GPS- und Odometer-Daten wird eine Ortung auf dem zuvor eingestellten Fahrweg vorgenommen und fortlaufend aktualisiert)
- Soll-Ist-Vergleich (ermittelt durch Vergleich der aktuellen Uhrzeit und Standort mit den Fahrplandaten die aktuelle Verspätung.)
- Prognose (ermittelt unter Berücksichtigung der aktuellen Verspätungslage, ob Umsteigebeziehungen erreicht werden könnten, verarbeitet aktuelle Ist-Informationen von der Leitstelle)

Aus praktischen Erwägungen ist es zudem günstig, die Informationen nicht von allen Anzeigern über mehrere Schnittstellen ermitteln zu lassen, sondern eine weitere Fachkomponente zur Bündelung der Informationen einzuführen, die sog. „Fahrgast-Informationsermittlung“ (FGI-Ermittlung) (vgl. auch Abbildung 1). Durch die Verwendung nur einer Schnittstelle wird gleichzeitig das Risiko von Inkonsistenzen zwischen verschiedenen Anzeigern minimiert.

## **Ermittlung von Diensten**

Die Auslegung einer Architektur als dienstorientierte Architektur bietet sich u. a. dann an, wenn bestimmte Funktionen von mehreren, heterogenen Nutzern zu verschiedenen Zwecken verwendet werden. Darüber hinaus sollte ein Dienst eine programmtechnische Repräsentation von fachlicher Funktionalität sein und die komplexen Vorgänge im Hintergrund so weit abstrahieren, dass es für den Dienstanutzer nicht notwendig ist, die dahinter stehende Technik zu verstehen.

Ein Webserver bietet z. B. Dienste an, über die heterogene Nutzer (z. B. Browser, Websites) nach Übergabe eines Uniform Resource Identifier (URI) Daten (z. B. eine Website, Bilder o.ä.) übermittelt bekommen, ohne dass der Webserver weiß, wofür die Daten verwendet werden. Dass dabei ggf. im Hintergrund komplexe Datenbankabfragen laufen, ist für den Nutzer des Dienstes verborgen.

In IBIS-IP ist das analog z. B. für die Fachkomponente Fahrgast-Informationsermittlung (FGI-Ermittlung) der Fall. Diese Fachkomponente wird von einer Softwarekomponente repräsentiert, die so angelegt ist, dass sie Informationen für ganz unterschiedliche Anzeiger-Typen anbietet, ohne zu wissen, wie die spezifische Darstellung auf dem Anzeiger aussieht oder welche Informationen vom Anzeiger angezeigt werden.

Die Fachkomponente FGI-Ermittlung bietet dazu den gleichnamigen Dienst „*FGI-Ermittlung*“ an. Fachkomponenten, also z. B. Software-Anwendungen, die auf Anzeigern ganz verschiedener Hersteller laufen, können sich bei diesem Dienst anmelden und somit über eine einheitliche Schnittstelle (vgl. Status Quo) Daten beziehen. Die Anzeiger sind dann die Dienstanutzer.



Abbildung 1: Verschiedene Anzeiger beziehen ihre Daten von einem einheitlichen Dienst

Das Konzept der Dienstnutzung und des Dienstangebots kann man nach folgenden Gesichtspunkten verallgemeinern:

- Ein Dienstanbieter reagiert, ist generisch und hat meist Server-Charakter (weiß nicht, wozu die Daten verwendet werden).
- Ein Dienstanwender dagegen agiert, ist spezifisch und hat meist Client-Charakter (weiß, wozu er die Daten benötigt).

Unter diesen Gesichtspunkten lassen sich alle (hier nicht näher erläuterten) Fachkomponenten in eine hierarchische Ordnung bringen. Dies bildet dann die IBIS-IP-Systemarchitektur. In Abbildung 2 ist sie zusammenfassend dargestellt.

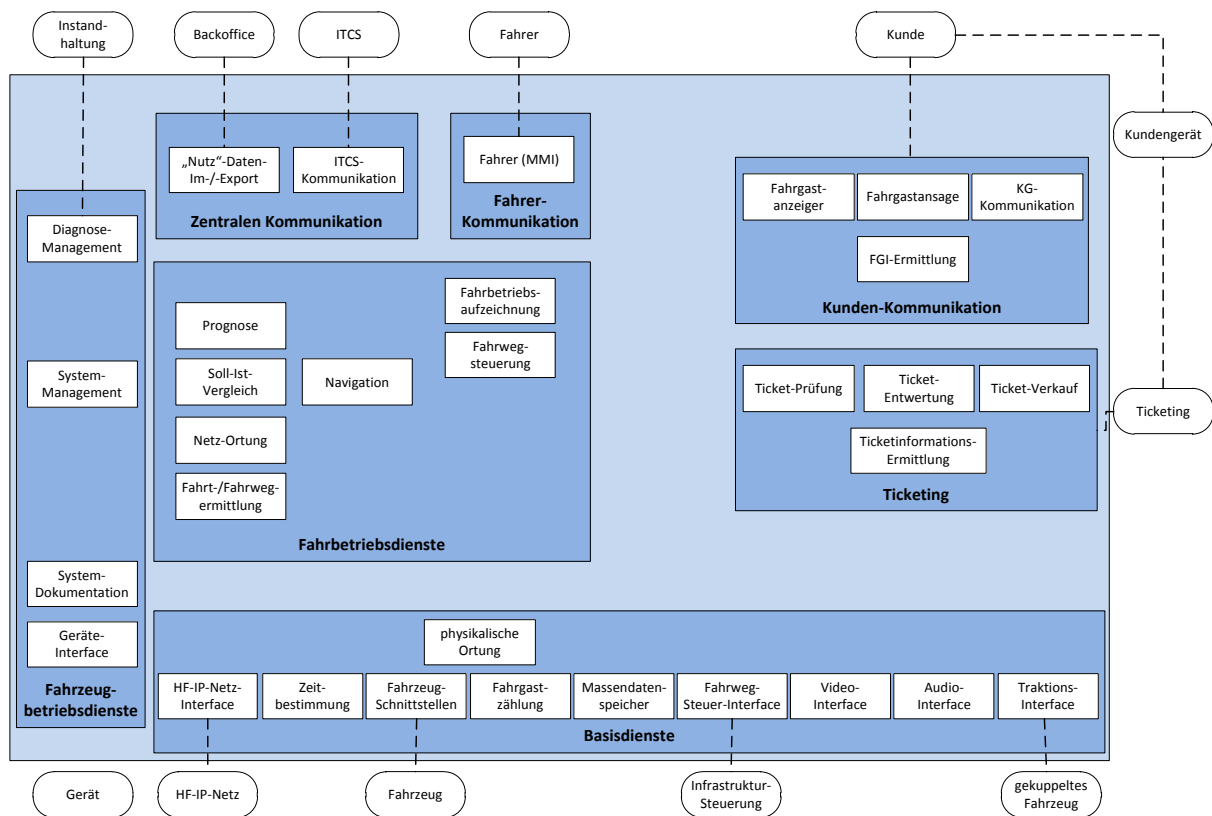


Abbildung 2: IBIS-IP-Systemarchitektur

Ovale außerhalb des hellblauen Rahmens stehen für Personen oder Einrichtungen außerhalb des IBIS-IP-Systems. Sie interagieren mit dem IBIS-IP-System, sind jedoch nicht Bestandteil von IBIS-IP. Fachkomponenten innerhalb des hellblauen Rahmens sind Teil des IBIS-IP-Systems. Sie lassen sich weiter bzgl. ihrer Funktion gruppieren (dunkelblaue Rahmen). Fachkomponenten, die in dieser Hierarchie unten stehen, stellen Dienste für weiter oben liegende Fachkomponenten zur Verfügung.

Zur Verwendung einer dienstorientierten Architektur gehört auch ein Konzept zur Initiierung einer Kommunikation zwischen einer Fachkomponente und einem Dienst (vgl. Abbildung 3).

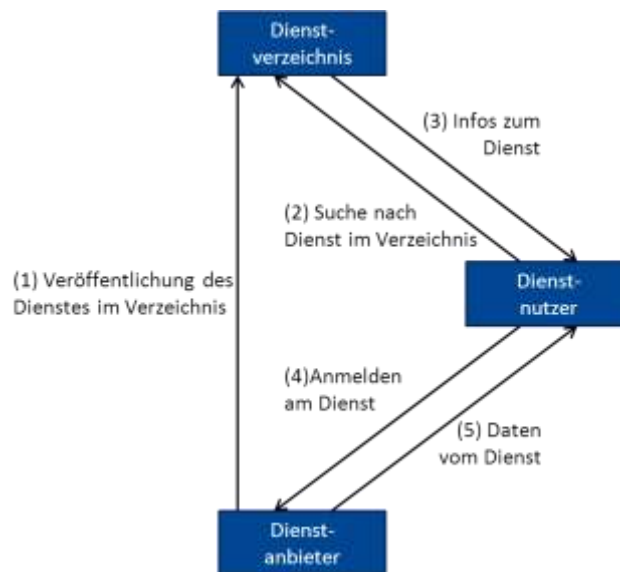


Abbildung 3: Konzept zur Initiierung einer Kommunikation zwischen Dienstnutzern und Dienstanbietern

Ein Dienstanbieter, dessen Dienst zur Nutzung bereitgestellt, meldet seine Verfügbarkeit sowie weitere Kontaktdaten an ein Dienstverzeichnis (1). Ein Dienstnutzer, der auf Daten eines bestimmten Dienstes angewiesen ist, sucht im Dienstverzeichnis nach jenem Dienst (2). Ist der erforderliche Dienst im Dienstverzeichnis verfügbar, so werden noch die notwendigen Kontaktdaten ausgetauscht (3). Anschließend kann der Dienstnutzer sich am Dienst anmelden (4) und der Dienstanbieter kann Daten an den Dienstnutzer übermitteln (5).

### Konsequenzen in der Praxis

Selbstverständlich müssen alle Geräte, die über IBIS-IP kommunizieren wollen, über eine IP-Schnittstelle verfügen.

Das zyklische, wiederholte Senden gleicher Telegrammeinhalte durch einen IBIS-Master für alle Daten entfällt künftig. In der Regel wird es stattdessen zukünftig so sein, dass Dienstnutzer (z. B. Anzeiger) zunächst in einem Dienstverzeichnis prüfen, ob ein bestimmter Dienst (z. B. „FGI-Daten“) verfügbar ist, statt auf Telegramme eines bestimmten Typs zu warten. Über das Dienstverzeichnis werden dann alle, für die Kontaktaufnahme mit dem Dienst notwendigen Informationen bereitgestellt.

Der Austausch von Nutzdaten erfolgt dann über die im Rahmen des IP-KOM-ÖV Forschungsprojektes beschriebene Schnittstelle (vgl. Status Quo).

## Netzwerktechnik



Bei der Aufstellung der Systemarchitektur haben sich zwei denkbare Übertragungsarten ergeben

- gesicherte Übertragungen,
- ungesicherte Übertragungen.

Die Unterscheidung, ob gesichert oder ungesichert übertragen werden muss, wurde im Projekt aufgrund der Tatsache getroffen, ob es sich um langlebige Daten handelt, also Daten (>5 Sekunden) die gleich bleiben (z. B. Zieltext) oder ob es sich um kurzlebige Daten handelt, die sich zyklisch/sekündlich ändern (z. B. Uhrzeit, GPS-Koordinate). Bei sich schnell ändernden Daten ist eine Sicherstellung, dass die Daten ankommen, nicht notwendig, da sie am besten zyklisch gesendet werden. Dadurch ergibt sich, dass diese kurzlebigen Daten ungesichert übertragen werden können und bei Daten, deren Änderungszyklen langfristiger sind, eine gesicherte Übertragung sinnvoll ist.

Da IP-Kommunikation als Basis aufgrund der Anforderungsanalyse gesetzt ist, hat eine Analyse des OSI-Modells sehr schnellen Aufschluss über die Möglichkeiten gezeigt, welches Protokoll in der jeweiligen Schicht zum Tragen kommt, um die entwickelte Architektur umzusetzen.

Für die gesicherte Übertragung bietet sich hier in der Transportschicht TCP an. TCP ist ein verbindungsorientiertes, paketvermittelndes Protokoll, welches auf IP aufsetzt und im OSI-Modell in der Schicht 4 angesiedelt ist.

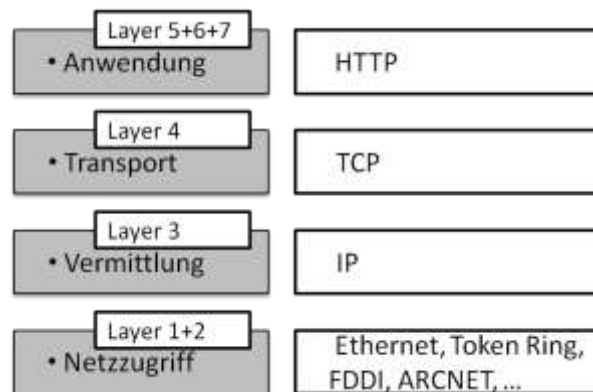


Abbildung 4: Einbindung von höheren Protokollen in das OSI-Modell

Verbindungsorientiert heißt, dass hier eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung (über sog. Sockets) aufgebaut wird und über diese Verbindung dann in beide Richtungen Daten übertragen werden können. Durch die im Protokoll etablierte Überwachung der Verbindung ist sichergestellt, dass die Daten ankommen, entsprechende kleine Netzwerkfehler ausgeglichen und größere Fehler gemeldet werden.

Das WWW (World Wide Web) und E-Mail sind beispielsweise Anwendungen, die ausschließlich TCP nutzen.

Für die ungesicherte Übertragung bietet sich UDP an, hier mit dem Fokus auf Multicast, da Broadcast bei IPv6 nicht mehr unterstützt wird. UDP ist ein verbindungsloses

Protokoll. Im Gegensatz zu TCP ist dies eine Kommunikation, die eine Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindung darstellt und findet sich ebenfalls im OSI-Modell in der Schicht 4 wieder. Hierbei werden allerdings nur Daten übertragen und kein Verbindungsstatus etabliert, sodass auch keine Informationen darüber vorliegen, ob die Daten tatsächlich angekommen sind. Der Vorteil dabei ist, dass mehr Endnutzer mit weniger Netzwerklast und Laufzeit mit Daten versorgt werden können.

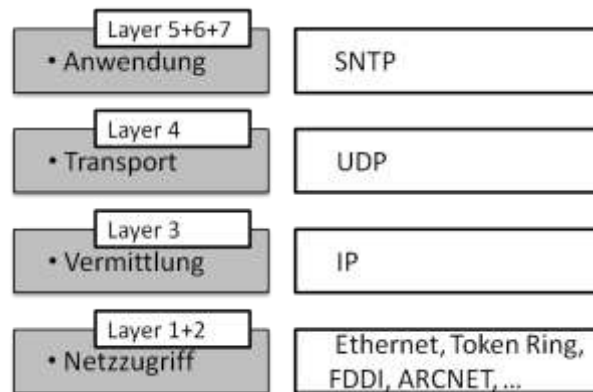


Abbildung 5: Einbindung von SNMP in das OSI-Modell

Bei Betrachtung der höheren Transportebenen kommen nun die nächsten Schichten im OSI-Modell zum Tragen. Da zum Einen weit verbreitete Protokolle genutzt werden sollen und auch die Analyse der Daten möglichst einfach gestaltet werden soll, wurde hier bei der Entscheidung auf HTTP in Verbindung mit XML gesetzt. Dies hat den Vorteil, dass eine Analyse des Datenverkehrs mit einem einfachen Internet-Browser möglich ist und so die Daten in Klartext angezeigt werden können (vgl. Status Quo). Auch eine entsprechende Protokollanalyse ist mit jedem gängigen Protokoll-Analyseprogramm möglich und benötigt keine zusätzlichen Erweiterungen für IBIS-IP.

XML zur Gliederung der Daten hat den Vorteil, dass dieses einfach zu erweitern ist und weit verbreitet ist. Das etwas schlankere Datenformat JSON ist aus technischer Sicht gleichermaßen geeignet wie XML. Da in IP-KOM-ÖV allerdings in anderen Bereichen XML für die Gliederung gesetzt ist, wurde, um Schnittstellen und Applikationen zu vereinfachen, die Entscheidung zugunsten von XML getroffen.

Die Kommunikation mittels HTTP ist immer eine Client/Server-Kommunikation - der Client stellt ein Request an den Server und der Server antwortet mit einem Response. Das Protokoll teilt die übertragene Information in einen Header und einen Body auf. Im Header sind beispielsweise die Sprache und der Inhaltstyp definiert, im Body können Nutzdaten oder XML-Strukturen untergebracht werden. Damit lassen sich auch komplizierte Kommunikationsabläufe abbilden.

Die Verwendung einer oben vorgestellten Dienste-orientierten Architektur lässt ein System schnell komplex werden. Daher ist es essentiell, dass Mechanismen implementiert werden, die das System transparent und ergonomisch gestalten. Im Rahmen des Machbarkeitsnachweises wurde die Verwendung von ZeroConf-Mechanismen geprüft. Die Nutzung von ZeroConf ermöglicht es, dass sich das Sys-

tem ohne (bzw. sehr geringem) Konfigurationsaufwand für den Benutzer selbstständig finden kann. Bei IBIS-IP wird jedoch nur auf einzelne Komponenten dieses standardisierten Mechanismus zurückgegriffen. Maßgebend für die Auswahl dieser Mechanismen war ein Abwägungsprozess hinsichtlich des Nutzens der automatischen Prozesse. So wurde beispielsweise auf eine freie automatisierte Namensvergabe verzichtet, da die Geräte grundsätzlich über ihren Namen identifizierbar bleiben sollen, um beispielsweise aus dem Namen auf den Einbauort eines Gerätes schließen zu können. Die einzelnen Funktionen von ZeroConf wurden von den Firmen Apple, Microsoft und Sun Microsystems im RCF 3927 niedergeschrieben.

Durch die konfigurationsfreie Umgebung von ZeroConf bietet dieser Mechanismus besonders beim Komponententausch im Fahrzeug Funktionalitäten, die einer einfachen Wartung zugutekommen. Auf eine zentrale Stelle, die Adressen und Dienst-Namen verwaltet, kann verzichtet werden, dieses wird alles innerhalb von ZeroConf geregelt. Wie allerdings erwähnt, kann ein gewisses Maß an Konfigurierbarkeit in IBIS-IP nicht vollständig entfallen, so wird eine zentrale Stelle, die eine Systemvollständigkeit überprüft und das System auf Funktion überprüft, weiterhin benötigt.

In der System-Architektur kommen auch Funktionalitäten zum Tragen, die heute schon auf IP-Basis in anderen Bereichen umgesetzt sind und die im Rahmen dieses Projektes nicht neu erfunden werden. Hierbei wird im Nachfolgenden nur die Implementierung beschrieben.

Zu diesen Funktionalitäten zählen

#### RTP/RTCP/RTSP

Kontinuierliche Datenströme werden meistens mit dem Real-Time Transport Protokoll (RTP) übertragen. RTP setzt in der Regel auf UDP auf und kann sowohl als Unicast und auch als Multicast gesendet werden. Um hier trotz verbindungsloser Übertragung noch eine gewisse Quality of Service (QoS, Dienstqualität/Übertragungspriorisierung) zu gewährleisten, gibt es parallel dazu immer noch das RTCP-Protokoll und das RTSP-Protokoll. RTCP hat die Aufgabe, die QoS Parameter mit den Endgeräten vor der Übertragung auszuhandeln und RTSP entsprechend die Steuerung und Kontrolle während der Übertragung zu gewährleisten. Im Rahmen von IBIS-IP ist RTP vorgesehen, um Echtzeit-Video und Echtzeit-Audiodaten zu übertragen.

#### NTP/SNTP

Der am meisten verbreitete Standard zur Synchronisation von Uhren ist das Network Time Protokoll (NTP). Während NTP sich seine Zeit immer von mehreren Zeitquellen holt und entsprechend über Algorithmen die tatsächliche Zeit berechnet, wird bei SNTP nur ein Server zur Synchronisation herangezogen. Anders als bei NTP werden die lokalen Parameter für die Zeitquellenkorrektur nicht angepasst, so dass eine Synchronität der Zeiten nur während des

Abgleiches sichergestellt ist und anschließend abhängig ist von der Güte der lokalen Zeitreferenz.

## Status Quo

Nachdem in der ersten Projektphase quasi am Reißbrett eine Systemarchitektur entworfen wurde, die den derzeitigen Anforderungen an ein neues Kommunikationssystem in den Fahrzeugen genügen sollte, wurden in der darauf folgenden Projektphase die bisher theoretischen Betrachtungen in einem Prototyp in die Praxis umgesetzt.

Im weiteren Verlauf des Forschungsprojektes sollen zum einen im Rahmen eines Demonstrators Informationen vom Fahrzeug an die Fahrgäste weitergegeben, sowie zum anderen im Kontext eines Testlabors die Kommunikation zwischen Anzeigen und Geräten des Ticketing gezeigt werden. Daher wurden im Rahmen eines Prototyps gezielt die Dienste der Kunden-Kommunikation eingehender untersucht (vgl. Abbildung 6), um die Arbeiten des Machbarkeitsnachweises für den weiteren Projektverlauf nutzen zu können.



Abbildung 6: Dienste der Kunden-Kommunikation

Hierfür wurde der Dienst „FGI-Ermittlung“ für einen Bordrechner und der Dienstnutzer „Anzeiger“ für einen Anzeiger implementiert. Der Dienst „FGI-Ermittlung“ lief auf einem Laptop mit Windows-Betriebssystem. Er wurde von einer Bordrechner-Simulation, die ebenfalls auf dem Laptop lief, mit Daten versorgt. Der Dienstnutzer Anzeiger lief auf einem Laptop mit Linux-Betriebssystem. Beide Laptops waren über ein Netzwerkkabel miteinander verbunden (vgl. Abbildung 7)

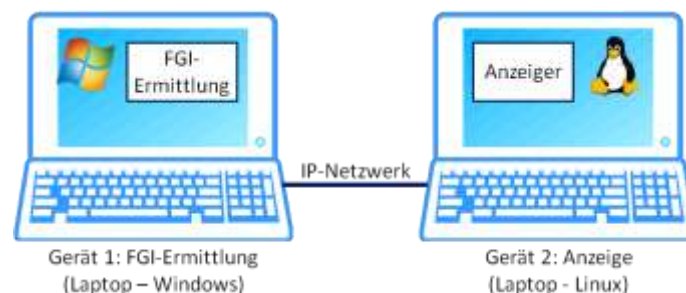
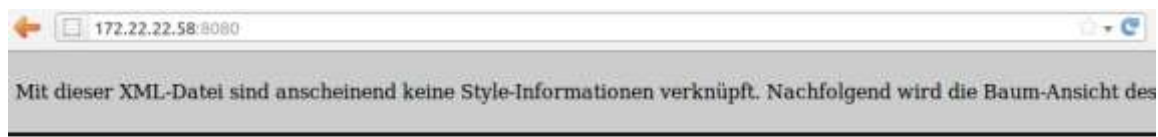


Abbildung 7: Systemaufbau Prototyp

Für den Austausch der Daten wurde neben einem reinen Frage-Antwort-Verfahren (Request-Response) auch ein Mechanismus für ein Datenabo-Verfahren implementiert. Hierbei wird nach Einrichten des Datenabos ein kompletter Datensatz an den Abonnenten übermittelt, ändern sich diese Daten, werden nur noch die geänderten Daten übertragen.

Diese Funktionen wurden in verschiedenen Konstellationen getestet (sowohl eine eigenständige Anwendung als Dienstanwender als auch die Nutzung und Darstellung der Informationen über ein php-Skript) und es zeigte sich, dass die bisher getroffenen Festlegungen hinsichtlich Architektur und Kommunikation in der Praxis einsetzbar sind. Als Ergebnis steht also derzeit ein Bordrechner zur Verfügung, der den Dienst der FGI-Ermittlung mit den Mechanismen und Strukturen, die für IBIS-IP vorgesehen sind, anbieten kann. Damit kann die grundsätzliche Machbarkeit von IBIS-IP mit der gewählten Systemarchitektur als erwiesen betrachtet werden.

In der Abbildung 8 findet sich eine Darstellung der Inhalte, die der implementierte Dienst der FGI-Ermittlung bei Abfrage mit einem Standard-Webbrowser liefert.



```

- <ipkom>
  <TimeStamp>2012-06-22T09:34:26</TimeStamp>
  <DoorState>0</DoorState>
  <RouteDeviation>1</RouteDeviation>
  <VehicleStopRequest>0</VehicleStopRequest>
  <ExitSide>0</ExitSide>
  <CurrentStopIndex>5</CurrentStopIndex>
  <VehicleID>ID 123</VehicleID>
  <TripID>T 50050904</TripID>
- <Line>
  - <LineText>
    <Text>5</Text>
    <lang>en</lang>
  </LineText>
  <LineNumber>5</LineNumber>
  <LineSymbol/>
</Line>
- <StopSequence>
  - <Stop>
    <StopIndex>1</StopIndex>
    <StopID>761:1</StopID>
    <ArrivalScheduled>2012-06-22T09:15:00</ArrivalScheduled>
    <ArrivalEstimated>2012-06-22T09:27:26</ArrivalEstimated>
    - <StopName>
      <Text>13 St / ADCB</Text>
      <lang>en</lang>
    </StopName>
    - <StopName>
      <Text>شارع 13 / بنك أبوظبي التجاري</Text>
      <lang>ar</lang>
    </StopName>
  </Stop>
  - <Stop>
    <StopIndex>2</StopIndex>
    <StopID>1015:1</StopID>
    <ArrivalScheduled>2012-06-22T09:18:00</ArrivalScheduled>
    <ArrivalEstimated>2012-06-22T09:30:26</ArrivalEstimated>
  </Stop>

```

Abbildung 8: Screenshot des gelieferten XML-Schemas

In der Abbildung 9 findet sich die Ansicht, die mit Hilfe eines prototypischen PHP-Skripts generiert werden kann. Dieses erfragt mittels ZeroConf-Mechanismen die Verbindungsinformationen des FGI-Ermittlungsdienst im IP-Netz (IP-Adresse und Port), holt mittels eines „HTTP GET“-Befehls die Dateninhalte ab und bereitet anschließend diese gelieferten Daten für eine Innenanzeige mit Linienverlauf auf.

Aufgrund der Wahl des HTTP-Protokolls zur Übermittlung von Informationen und von XML zur Übermittlung von Datenstrukturen kann mit einfachen Standardprodukten die Aufbereitung der Daten von der Darstellung der Daten getrennt werden.



Abbildung 9: Screenshot des Ergebnisses eines prototypischen php-Skriptes, welches die Daten des XML-Schemas auswertet

Wie sich also anhand des Prototyps gezeigt hat, erfüllen die bisherigen Festlegungen für IBIS-IP hinsichtlich Systemarchitektur und Kommunikationsverhalten die zuvor an das neue System gestellten Anforderungen. Daher kann derzeit davon ausgegangen werden, dass der neue Standard mindestens genauso lange wie sein Vorgänger den Anforderungen der Verkehrsunternehmen, aber auch den Entwicklungen im Bereich der Fahrgastinformation und Verkehrstelematik gerecht werden wird.

## Migrationsszenarien

Trotz wachsender Nachfrage nach einem IBIS-Nachfolger sind Investitionen in Geräte zur Fahrgastinformation im Fahrzeug in bislang fast ausschließlich in Geräte geflossen, die via IBIS kommunizieren. Deshalb kann IBIS-IP nicht schlagartig den bisherigen und sehr erfolgreichen Standard VDV 300 ablösen. Es ist aber zu erwarten, dass im Laufe der Zeit Geräte (Bordrechner, Anzeiger, Ticket-Prüfgeräte etc.) auf den Markt kommen, die IBIS-IP-fähig sind.

Sie werden dann in Fahrzeugen verbaut, in denen ggf. der Bordrechner, die Verkabelung oder die Geräte auf dem Stand von VDV 300 sind. Möglich sind auch Mischzustände, in denen z. B. ein Teil der IBIS-Verkabelung durch LAN ersetzt wurde oder in denen neben IBIS-konformen Entwertern auch IP-basierte Ticketprüfgeräte für e-Tickets verbaut werden.

Hierfür gilt es, Lösungen zu entwickeln, die einen möglichst reibungslosen Übergang von IBIS nach IBIS-IP ermöglichen. In der Abbildung 10 betrifft dies beispielsweise im Wesentlichen die Dienste der Funktionsgruppen FGI-Ermittlung) und „Ticket-Informationsermittlung“, die für die Übertragung der Inhalte der Dateninhalte analog zum IBIS verantwortlich sind.

Um hier eine Funktionsfähigkeit in Systemen mit gemischten Komponenten sicherzustellen, müssen zusätzliche Umsetzer entwickelt werden, die zwischen der IP-Welt und der Wagenbus-Welt vermitteln. Diese Umsetzer müssen eine „Übersetzung“ sowohl in der Hin- als auch in der Rück-Richtung beherrschen, da in der Regel nicht nur Nutzdaten sondern in der Gegenrichtung auch Statusmeldungen übertragen werden.

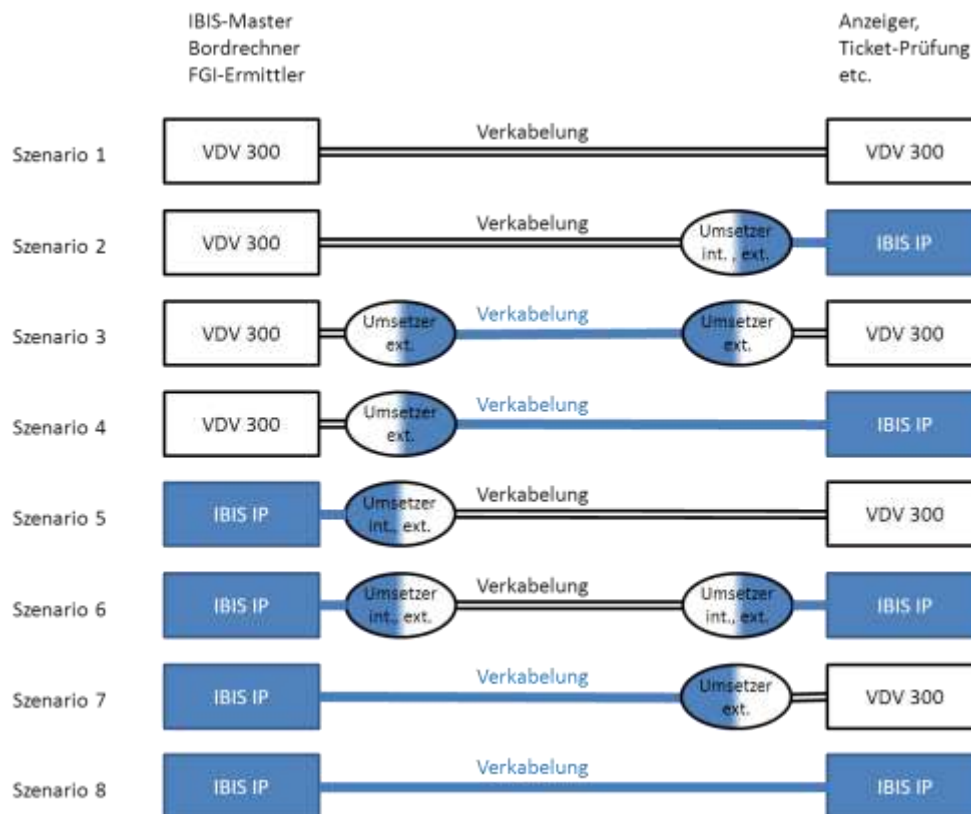


Abbildung 10: Mögliche Szenarien, in denen IBIS-IP und VDV 300 Geräte im Fahrzeug aufeinander treffen

Die Umsetzer können als eigenständige Geräte ausgeführt werden. Sinnvoller scheint es aber zu sein, während der Migrationszeit von Seiten der Hersteller die Umsetzer in Geräte zu integrieren, die damit beide Standards beherrschen.

## Ausblick

Von einem ersten Machbarkeitsnachweis kommend werden nun die Überlegungen der Dienste-Schemata zunächst in ein Framework überführt, das es ermöglichen soll, die weiteren Dienste gleichwertig zu entwickeln. Besonders im Hinblick auf die Pflege des Standards nach Beendigung des Projektes ist dies ein wesentliches Dokument. Um hier bereits frühzeitig den Branchenkonsens zu erreichen, werden diese Dokumente den Gremien und den eigens ins Leben gerufenen begleitenden VDV-DIN-AKs zum Review gegeben. Der Zugang zu diesen begleitenden Arbeitsgruppen ist für Interessierte frei und wird über den Kontakt zum VDV ermöglicht.

Eigene Dienste-Spezifikationen können von der im DIN-AK mitarbeitenden Industrie erbracht und dem IP-KOM-ÖV Arbeitskomplex zur Prüfung gegeben werden. Hierdurch wird dann die erarbeitete Dokumentation der Dienste und des IBIS-IP allgemein auf den Weg der Standardisierung gebracht.

Projektintern werden nun ebenfalls weitere Dienste spezifiziert, sodass im Abschluss des Projektes die westlichen Funktionalitäten eines IBIS-IP abgedeckt werden kön-



nen. Konkret sollen neben Systembasisfunktionen, wie die Zeitermittlung oder die Übertragung von physikalischen Ortungsinformationen, die Dienste spezifiziert werden, die für einen Betrieb von Ticketing-Geräten sowie für den Grundbetrieb des IBIS-IP-Netzes notwendig sind.

Spezifikationen wie die Kommunikation zum Kundenendgerät beispielsweise bilden die Basis für weitere Forschungsarbeiten. So wird die zukünftige „Tür zu Tür“-Initiative des BMWi in den folgenden Jahren auf diese konkreten Standards und Ergebnisse von IP-KOM-ÖV aufbauen und weiter entwickeln.

Die bereits begonnenen Arbeiten des Laboraufbaus werden innerhalb der nächsten zwölf Monate fortgeführt, sodass sich dieser Anfang 2013 in einem Labor der SSB AG (Stuttgarter Straßenbahnen AG) wiederfinden wird. Hier soll dann die Tauglichkeit mit Komponenten der realen Fahrzeugelektronik überprüft und eventuelle Schwachstellen analysiert und behoben werden.

Neben dem Laboraufbau ist in Kooperation der anderen AKs ein Feldtest bei der SSB geplant. Mit diesem Feldtest soll zum einen die Machbarkeit sowie die Migration in bestehende Systeme verifiziert und der Öffentlichkeit präsentiert werden.

Der VDV als Projektführer sorgt innerhalb dieses Projektes für den Entwurf der neuen VDV-Schrift 301 „IBIS-IP“. Hierzu ist ein erster Teil dieser Schrift für Anfang 2013 geplant. Über die nationale Standardisierung hinaus werden die Ergebnisse auch in der europäischen Standardisierung eingebracht. So findet bereits seit Beginn ein intensiver Austausch mit der Arbeitsgruppe von *EBSF* (European Bus System of The Future) statt. Zusammen mit CEN-Arbeitsgruppen wird an der gemeinsamen europäischen Norm *EN 13149 Part 7-9* gearbeitet. Hier ist es das Ziel, europaweit einen einheitlichen IP-Standard für Fahrzeuge des ÖV zu etablieren.

Zusammenfassend lässt sich zum jetzigen Zeitpunkt sagen, dass das Projekt IP-KOM-ÖV und hierbei das neue fahrzeuginterne Kommunikationsprotokoll IBIS-IP auf einem guten Weg sind, den erfolgreichen VDV 300 Standard abzulösen. Das Projekt erfährt sehr viel positive Resonanz aus der Branche, so dass man optimistisch davon ausgehen kann, dass bereits 2014 erste IBIS-IP-Anwendungen auf dem Markt verfügbar sein werden.

*Bitte keine wertende Reihenfolge*

*Wehrmann*



Dipl.-Ing. (FH) Andreas Wehrmann (26) ist seit November 2010 beim Verband Deutscher Verkehrsunternehmen als Wissenschaftlicher Mitarbeiter für das Forschungsprojekt IP-KOM-ÖV tätig. Er studierte an der Fachhochschule Dortmund Fahrzeug und Verkehrstechnik mit Schwerpunkt Fahrzeugelektronik. Schwerpunkte bei seiner Tätigkeit beim VDV liegen dabei in der Projektkoordination von IP-KOM-ÖV, sowie der technischen Unterstützung und Begleitung des Standardisierungsprozesses in nationalen sowie europäischen Gremien.

*Weißer*



Dipl.-Ing. Dirk Weißer (38) ist seit Februar 2011 bei der INIT GmbH als Projektleiter Forschung tätig. Im Projekt IP-KOM-ÖV nimmt er die Leitung und Koordination des AK1 wahr. Nach seinem Studium des Bauingenieurwesens an der Universität Karlsruhe (TH) mit Schwerpunkt Raum- und Infrastrukturplanung war er in verschiedenen Unternehmen der Planung, Forschung und des Betriebs von Öffentlichem Verkehr tätig. Bei der INIT GmbH koordiniert er die verschiedenen Forschungs- und Entwicklungsvorhaben.

*Dr. H. Bandelin*



Dr. Ing. Holger Bandelin ist seit 1990 bei der Scheidt & Bachmann Gruppe tätig. Sein momentanes Aufgabengebiet ist das Produktmanagement im Bereich „Fare collection systems“ der Scheidt & Bachmann Gruppe. Eine Aufgabe dabei ist die Mitarbeit im Forschungsprojekt IP-KOM-ÖV.

*Kruppa*

Ralf Kruppa (41) ist seit April 1992 bei der üstra Hannoversche Verkehrsbetriebe AG tätig. In den ersten 7 Jahren mit der Fahrzeug Sicherheitstechnik betraut und seit 1999 als Netzwerkadministrator verantwortlich für die Kommunikations-



Netze vom Office-Bereich bis hin zu den Haltestellen und der Fahrzeuge. Aktiver Teilnehmer im Projekt IP-KOM-ÖV AK1.

*Franke*



Dr. Torsten Franke (37) ist seit 2005 für die IVU Traffic Technologies AG tätig. Von 2005 bis 2010 war er als Projektmanager für verschiedene ITCS-Projekte im In- und Ausland verantwortlich. Seit 2010 arbeitet er im Produktmanagement des Berliner Systemherstellers. Dabei umfasst sein Aufgabenbereich unter anderem das Forschungsprojekt IP-KOM-ÖV, an dem er seit zwei Jahren mitwirkt.